

**Thermographic device to test functional surfaces of tools for boring or forming inner screw threads in work pieces; has channels in work piece contacting tool surface and temperature measuring unit**

**Patent number:** DE19955186  
**Publication date:** 2001-05-23  
**Inventor:** DAMM STEFAN (DE); ENGERING GERRIT (DE); LAHRES MICHAEL (DE); PECHER ULRICH (DE)  
**Applicant:** DAIMLER CHRYSLER AG (DE)  
**Classification:**  
**- international:** *B23Q17/09; B23Q17/20; B23Q17/24; G01N3/58; G01N25/72; B23Q17/09; B23Q17/20; B23Q17/24; G01N3/00; G01N25/72; (IPC1-7): B23Q17/00; B23B49/00; G01N3/58*  
**- european:** *B23Q17/09; B23Q17/20; B23Q17/24; G01N3/58; G01N25/72*  
**Application number:** DE19991055186 19991117  
**Priority number(s):** DE19991055186 19991117

**Report a data error here**

**Abstract of DE19955186**

The device includes a temperature measuring unit (3). The work piece (2) has at least one channel in the area that contacts the functional surface of the tool (1) during the work process. Each channel is arranged so that the heat radiation from the functional surface or its surroundings can be at least indirectly measured by the temperature measuring unit, preferably by inserting an infrared mirror or light conductor. Independent claims are included for a method and a test body to test functional surfaces of tools for boring or forming inner screw threads in work pieces.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 199 55 186 A 1**

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 23 Q 17/00**  
B 23 B 49/00  
G 01 N 3/58

21 Aktenzeichen: 199 55 186.3  
22 Anmeldetag: 17. 11. 1999  
43 Offenlegungstag: 23. 5. 2001

DE 199 55 186 A 1

71 Anmelder:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Damm, Stefan, Dipl.-Ing., 34127 Kassel, DE;  
Engering, Gerrit, Dipl.-Ing.(FH), 89075 Ulm, DE;  
Lahres, Michael, Dr.-Ing., 89073 Ulm, DE; Pecher,  
Ulrich, Dipl.-Ing., 34246 Vellmar, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 42 33 035 C1  
DE 37 24 383 A1  
DD 2 67 320 A1

MEYER, K.F.: Temperaturmessung an den  
Schneiden  
spanender Werkzeuge. In: Industrie-Anzeiger,  
Essen, 88.Jg., Nr.85, 25. Okt. 1966, S.1884;  
BETHLEHEM, Wilhelm Friedrich:  
Schneidetemperaturen  
am Gewindebohrer gefährden nicht die Standzeit.  
In: Maschinenmarkt, Würzburg 88, 1982, 42, S.824-  
S.827;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Vorrichtung und Verfahren sowie Prüfkörper zur thermographischen Untersuchung von Funktionsflächen an Werkzeugen bei der Bohrungs- oder Innengewindefertigung

57 Die thermographische Untersuchung von Funktionsflächen an Werkzeugen und Werkstücken während der Bohrungs- oder Innengewindefertigung ist wichtig für die Auswahl eines optimalen Werkzeug-Werkstoffes bzw. einer optimalen Werkzeug-Beschichtung oder einer optimalen Werkzeug-Geometrie für einen bestimmten Bearbeitungsprozeß und für einen bestimmten Werkstückstoff und auch für die Optimierung von Prozeßparametern des Bearbeitungsprozesses.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, eine Vorrichtung, einen Prüfkörper und ein Verfahren zu entwickeln, welche die thermographische Untersuchung von Funktionsflächen an Werkzeugen und Werkstücken während der Bohrungs- oder Innengewindefertigung schnell und in einfacher Weise ermöglichen.

Die Aufgabe wird gelöst, durch eine Vorrichtung, einen Prüfkörper und ein Verfahren, bei denen die benötigte Temperaturverteilung der Funktionsflächen während der Bohrungs- oder Innengewindefertigung vom Ort ihrer Entstehung aus durch einen in den Prüfkörper eingebrachten Kanal in Richtung zu einer Temperaturmeßeinrichtung mittels Wärmestrahlung weitergeführt wird.

DE 199 55 186 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren sowie einen Prüfkörper zur schnellen und einfachen thermographischen Untersuchung von Funktionsflächen an Werkzeugen bei der Bohrungs- oder Innengewindefertigung gemäß Oberbegriff der Patentansprüche 1, 8 und 10. Eine Vorrichtung zur Untersuchung der thermischen Beanspruchung von Funktionsflächen an Werkzeugen ist bereits aus [1] bekannt.

Die Optimierung von Prozessen der Innengewindefertigung, insbesondere des Bohrens, Fräsens, Reibens, Schneidens oder Furchens, und der zugehörigen Werkzeuge ist Gegenstand intensiver Forschungs- und Entwicklungsbemühungen. Besonderes Interesse findet hier die Temperaturmessung im Arbeitsbereich während des Arbeitsprozesses. Sie erlaubt die in situ Bestimmung der Belastung und des Verschleißzustandes des Werkzeuges. Immer neue Anforderungen an die Werkzeuge bedingen höhere Belastungen und erfordern leistungsfähigere neue Materialien und optimierte Geometrien für diese Werkzeuge. Üblicherweise werden diese neuen Materialien in Form von Beschichtungen auf die Werkzeuge aufgebracht.

In [1] wird zur Bestimmung der Temperatur der Verschleißfläche eines umformenden oder zerspanenden Werkzeuges vorgeschlagen, einen (oder mehrere) Dünnsensoren in eine Funktions- oder Verschleißschuttschicht des Werkzeuges zu integrieren. Dies erfordert eine hohen Aufwand und hohe Kosten. Außerdem ermöglichen Dünnsensoren nur eine punktuelle Temperaturmessung. Die Bestimmung der Temperaturverteilung wäre hier nur mit einer Vielzahl von Sensoren möglich und würde noch mehr Aufwand und Kosten erfordern. Weiterhin ist mit der Integration eines Dünnsensors in ein Werkzeug keine hohe Meßdynamik zu erzielen. Darüber hinaus ist das Abgreifen der Sensordaten aus einem Werkzeug, das bei der Innengewindefertigung zwangsläufig rotiert, ein nur schwer zu lösendes Problem.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, eine Vorrichtung und einen Prüfkörper zur schnellen und einfachen thermographischen Untersuchung von Funktionsflächen an Werkzeugen bei der Bohrungs- oder Innengewindefertigung in situ anzugeben, sowie ein Verfahren mit den gleichen Vorteilen zu entwickeln.

Die Erfindung ist in Bezug auf die zu schaffende Vorrichtung durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 wiedergegeben. Die weiteren Ansprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung (Patentansprüche 2 bis 7). Die Erfindung ist in Bezug auf das zu schaffende Verfahren durch die Merkmale des Patentanspruchs 8 wiedergegeben. Der Anspruch 9 enthält eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Erfindung ist in Bezug auf den zu schaffenden Prüfkörper durch die Merkmale des Patentanspruchs 10 wiedergegeben. Der Anspruch 11 enthält eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Prüfkörpers.

Die Aufgabe wird bezüglich der zu schaffenden Vorrichtung erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Vorrichtung zur thermographischen Untersuchung von Funktionsflächen an Werkzeugen bei der Bohrungs- oder Innengewindefertigung derart gestaltet ist, daß sie eine Temperaturmeßeinrichtung enthält, daß das Werkstück in dem Bereich, der während des Bearbeitungsprozesses an die Funktionsfläche des Werkzeuges angrenzt, mindestens einen Kanal aufweist, wobei jeder Kanal derart gestaltet ist,

– daß eine von der zu untersuchenden Funktionsfläche und/oder von deren Umgebung ausgehende Wärme-

strahlung zumindest mittelbar von der Temperaturmeßeinrichtung erfassbar ist.

Das Grundprinzip der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht darin, daß die thermographische Untersuchung der Funktionsfläche des Werkzeuges und/oder von deren Umgebung von der Werkstückinnenseite her durch den oder die eingebrachten Kanäle erfolgt. Dadurch wird erstmals die behinderungs- und verzögerungsfreie Messung der absoluten Temperaturen und zweidimensionalen Temperaturverteilungen der Werkzeugoberfläche direkt im Kontaktbereich Werkzeug-Werkstück in situ ermöglicht. Dadurch kann der Bearbeitungsprozeß an sich untersucht und optimiert werden hinsichtlich der Bearbeitungsparameter, der Werkzeuggeometrie und des Tribosystems (Werkzeugwerkstoff, Werkzeugbeschichtung, Schmierstoff, Oberflächentopographie).

Die Messung der Temperaturverteilung der Werkzeugoberfläche erfolgt an einem Oberflächenelement, das zum Zeitpunkt der Messung keine Bearbeitung des Werkstückes durchführt, sondern dem freien Kanal zugewendet ist. Bedenkt man jedoch einerseits die hohen Bearbeitungsgeschwindigkeiten bei derartigen Prozessen und den daraus resultierenden kurzen Zeitraum zwischen dem Zeitpunkt der Bearbeitung und dem Zeitpunkt der Temperaturmessung und andererseits die vergleichsweise geringen Wärmeleitungskoeffizienten der verwendeten Materialien, so wird klar, daß hieraus nur eine vernachlässigbare Abweichung der tatsächlich bei der Bearbeitung auftretenden Temperaturverteilung zu erwarten ist.

Die Messung der Temperaturverteilung der Werkstückoberfläche erfolgt entweder an der Kante der Kanalwandung, also direkt an der Grenze zwischen dem Ort des realen Bearbeitungsprozesses und dem Ort des kurzzeitigen Aussetzens dieses Prozesses aufgrund des Austritts der Werkzeugoberfläche in den freien Kanal, oder die Messung erfolgt während des Ausfahrens des Werkzeuges aus dem Bearbeitungsloch im Grenzbereich zwischen Werkstückoberfläche und Werkzeugkopf – beispielsweise erfolgt die Temperaturmessung an der Rückwand des Bearbeitungsloches (auf der dem Kanal gegenüberliegenden Seite) während ein Gewindefurcher gerade aus dem Bearbeitungsloch ausfährt. Auch hier erfolgt die Messung jeweils nach der tatsächlichen Bearbeitung und auch hier sind die deswegen auftretenden Abweichungen zu vernachlässigen.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist auf das Werkzeug eine Beschichtung aufgebracht.

Hierdurch wird die Bestimmung des Einsatzverhaltens und insbesondere der Einsatzgrenzen von beliebigen Werkzeugbeschichtungen unter realen Anwendungsbedingungen ermöglicht.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform dieser Vorrichtung ist in jedem Kanal mindestens ein IR-Spiegel und/oder ein IR-Lichtleiter angeordnet, zur Weiterleitung der werkzeugseitig in den Kanal eintretenden Wärmestrahlung in Richtung auf die Temperaturmeßeinrichtung. Viele Werkstücke ermöglichen aufgrund ihrer Bauform und ihrer Anordnung während des Bearbeitungsprozesses keine gerade Führung des Kanals in ihrem Inneren. In solchen Fällen ermöglichen ein oder mehrere IR-Spiegel und/oder ein IR-Lichtleiter die Weiterleitung des Abbildes der Temperaturverteilung hin zur Temperaturmeßeinrichtung.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform dieser Vorrichtung enthält die Temperaturmeßeinrichtung eine Thermokamera. Deren Vorteil besteht darin, daß sie die Untersuchung der Temperaturverteilung auf einfache und schnelle Weise ermöglicht und zwar sowohl zu einem aus-

gewählten Zeitpunkt (Einzelbild) als auch deren Entwicklung während eines längeren Zeitraumes (Folge von Einzelbildern). Für die Beobachtung sehr schnell rotierender Werkzeuge erweist sich die Verwendung einer Hochgeschwindigkeits-Thermokamera als besonders vorteilhaft.

In einer spezielleren vorteilhaften Ausführungsform dieser Vorrichtung ist die Thermokamera derart ausgerichtet, daß ihr Bildfeld sowohl Bereiche der Funktionsfläche des Werkzeugs als auch des angrenzenden Werkstückes umfaßt. Dies ermöglicht die Bestimmung der Belastung und des Verschleißzustandes des Werkzeuges und des Werkstückes.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform dieser Vorrichtung enthält diese zusätzlich zwischen der Funktionsfläche und der Temperaturmeßeinrichtung eine IR-Vergrößerungslinse. Der Vorteil dieser Ausführungsform besteht darin, daß mittels der Vergrößerungslinse auch sehr kleine Strukturen innerhalb der Temperaturverteilung aufgelöst werden können.

In einer spezielleren vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung erweitert sich der mindestens eine Kanal von seiner der Funktionsfläche zugewandten Öffnung ausgehend hin zu seiner der Temperaturmeßeinrichtung zugewandten Öffnung und die IR-Vergrößerungslinse befindet sich zwischen der der Temperaturmeßeinrichtung zugewandten Öffnung des Kanals und der Temperaturmeßeinrichtung. Der Vorteil dieser Ausführungsform besteht darin, daß aufgrund der Aufweitung des Kanals die gesamte Fläche der werkzeugseitigen Öffnung des Kanals zu Meßzwecken verwendet werden kann ohne daß Verfälschungen aufgrund von Behinderungen des Strahlenganges durch die Kanalwandung zu befürchten wären.

Die Aufgabe wird bezüglich des zu schaffenden Verfahrens zur thermographischen Untersuchung von Funktionsflächen an Werkzeugen bei der Bohrungs- oder Innengewindefertigung erfindungsgemäß dadurch gelöst,

- daß die Untersuchung mittels einer Temperaturmeßeinrichtung während eines Bearbeitungsprozesses erfolgt, und
- daß vor der Untersuchung in das Werkstück in den Bereich, der während des Bearbeitungsprozesses an die Funktionsfläche des Werkzeuges angrenzt, mindestens ein Kanal eingebracht wird, der zumindest mittelbar zu der Temperaturmeßeinheit führt, und
- daß während der Untersuchung das Abbild der bei dem Bearbeitungsprozeß in der Funktionsfläche und/oder deren Umgebung sich einstellenden Wärmeverteilung durch den Kanal zu der Temperaturmeßeinheit geführt wird.

Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens sind die gleichen, die bereits als Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung aufgezählt wurden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform dieses Verfahrens werden vor der Untersuchung die Emissionskoeffizienten der Oberflächen des Werkzeuges und des Werkstückes bestimmt und die real vorliegende Temperaturverteilung wird berechnet anhand der vorher bestimmten Emissionskoeffizienten und der mittels der Temperaturmeßeinheit gemessenen Temperaturverteilung.

Die Bestimmung der Emissionskoeffizienten ermöglicht die Kalibrierung der Vorrichtung, insbesondere der Temperaturmeßeinrichtung auf die Emissionseigenschaften des jeweiligen Werkstoffes und erlaubt damit eine absolute Bestimmung der realen Temperaturverteilung. Ohne die Bestimmung der Emissionskoeffizienten ist eine relative Bestimmung der Temperaturverteilung möglich.

Die Aufgabe wird bezüglich des zu schaffenden Prüfkör-

pers zur thermographischen Untersuchung von Funktionsflächen an Werkzeugen bei der Bohrungs- oder Innengewindefertigung erfindungsgemäß dadurch gelöst,

- daß der Prüfkörper in dem Bereich, der während des Bearbeitungsprozesses an die Funktionsfläche des Werkzeuges angrenzt, mindestens einen Kanal aufweist,
- wobei jeder Kanal derart gestaltet ist,
- daß eine von der zu untersuchenden Funktionsfläche und/oder von deren Umgebung ausgehende Wärmestrahlung zumindest mittelbar von der Temperaturmeßeinrichtung erfaßbar ist.

Der Vorteil eines derartigen Prüfkörpers besteht darin, daß mit ihm die thermographische Untersuchung der Funktionsfläche des Werkzeuges und/oder von deren Umgebung von der Werkstückinnenseite her durch den oder die eingebrachten Kanäle besonders einfach erfolgen kann. Dadurch wird erstmals die behinderungs- und verzögerungsfreie Messung der absoluten Temperaturen und zweidimensionalen Temperaturverteilungen der Werkzeugoberfläche direkt im Kontaktbereich Werkzeug-Werkstück in situ ermöglicht.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform dieses Prüfkörpers weist dieser die Form einer kreisförmigen Scheibe auf,

- deren Rand eine umlaufende Nut aufweist,
- deren Mitte eine Justierbohrung aufweist, und auf dem Prüfkörper sind Bearbeitungspositionen definiert,
- die auf der kreisförmigen Scheibe radialsymmetrisch verteilt sind,
- deren Projektionen senkrecht zur Flachseite der Scheibe die umlaufende Nut schneiden.

Diese Form erlaubt eine besonders einfache Handhabung des Prüfkörpers und die Durchführung von Mehrfachmessungen mit einem einzigen Prüfkörper.

Nachfolgend werden anhand eines Ausführungsbeispiels und der Fig. 1 bis 3 die erfindungsgemäße Vorrichtung, der erfindungsgemäße Prüfkörper und das erfindungsgemäße Verfahren näher erläutert. Dabei zeigen

Fig. 1 Eine bevorzugte Ausführungsform der Untersuchungsanordnung bestehend aus der erfindungsgemäßen Vorrichtung und dem erfindungsgemäßen Prüfkörper

Fig. 2 Eine Detailansicht des Werkzeuges und des Werkstückes

Fig. 3 Eine Detailansicht des Prüfkörpers

Die Fig. 1 stellt schematisch und nicht maßstabsgerecht eine Vorrichtung zur thermographischen Untersuchung von Funktionsflächen an Werkzeugen bei der Bohrungs- oder Innengewindefertigung dar, bestehend aus einem Werkzeug 1 (hier ein Gewindefurcher, der von einem Gewindefurchapparat angetrieben wird), einem Werkstück 2 (hier der erfindungsgemäße Prüfkörper) und einer Temperaturmeßeinrichtung 3 (hier eine Thermographiekamera), die auf das Werkstück, speziell auf den Bearbeitungsort, ausgerichtet ist.

Die Fig. 2 zeigt schematisch und nicht maßstabsgerecht einen Prozeßschritt der Innengewindefertigung, während dem sich die Funktionsfläche 10 des Werkzeuges 1 im Inneren des Werkstückes 2 befindet. Dargestellt ist hier ein Gewindefurcher, der in ein vorgebohrtes Loch ein Gewinde einführt. Die Beobachtung erfolgt durch den Kanal 21.

Die Fig. 3 stellt schematisch und nicht maßstabsgerecht einen aufgeschnittenen Prüfkörper zur thermographischen Untersuchung von Funktionsflächen an Werkzeugen bei der Bohrungs- oder Innengewindefertigung dar. Der Prüfkörper weist die Form einer kreisförmigen Scheibe auf,

- deren Rand eine umlaufende Nut 21 aufweist,
- deren Mitte eine Justierbohrung 22 aufweist, und auf dem Prüfkörper sind Bearbeitungspositionen 23 definiert,
- die auf der kreisförmigen Scheibe radialsymmetrisch verteilt sind,
- deren Projektionen senkrecht zur Flachseite der Scheibe die umlaufende Nut 21 schneiden.

Die dargestellte Ausführungsform des Prüfkörpers dient der thermographischen Untersuchung von Funktionsflächen an einem Gewindefurcher. Deshalb sind unterhalb der Bearbeitungspositionen 23 bereits Bohrungen 24 in den Prüfkörper eingebracht, die den Kanal 21 (hier in Form der umlaufenden Nut) ebenso wie die Projektionen der Bearbeitungspositionen 23 schneiden. Eine andere Ausführungsform des Prüfkörpers (zur thermographischen Untersuchung von Funktionsflächen an einem Bohrer) benötigt hingegen nicht zwingend vorgefertigte Bohrungen 24.

Die den Prüfkörper 2 umlaufende Nut 21 weitet sich von innen (der Funktionsfläche 10 des Gewindefurchers zugewandten Seite) nach außen (der Temperaturmeßeinrichtung 3 zugewandten Seite) auf. Dadurch kann mittels einer ebenfalls in Fig. 3 dargestellten IR-Vergrößerungslinse 31 die gesamte Fläche der werkzeugseitigen Öffnung 25 der Nut 21 hochauflösend zu Meßzwecken verwendet werden kann ohne daß Verfälschungen aufgrund von Behinderungen des Strahlenganges durch die Nutwandung zu befürchten wären.

Das Verfahren zur thermographischen Untersuchung der Temperaturverteilung auf den Funktionsflächen 10 des Gewindefurchers 1 und der benachbarten Umgebung des Prüfkörpers 2 läuft folgendermaßen ab:  
Zunächst werden die Emissionskoeffizienten der Funktionsflächen 10 des Gewindefurchers 1 und des Prüfkörpers 2 bestimmt. Danach wird der Prüfkörper 2 über die Justierbohrung 22 auf einem Meßtisch fixiert. Der Gewindefurcher 1 wird in einen Gewindefurchapparat eingespannt und über einer Bearbeitungspositionen 23 (und der darunterliegenden Bohrung 24) positioniert. Die Thermographiekamera wird auf die Öffnung 25 zwischen der Nut 21 und der Bohrung 24 ausgerichtet und über die IR-Vergrößerungslinse 31 auf den Rand der Öffnung 25 derart fokussiert, daß ihr Blickfeld sowohl die Funktionsfläche 10 des Gewindefurchers 1 als auch den Rand der Öffnung 25 umfaßt. (Die Öffnung 25 entspricht in der abstrakteren Formulierung dem Ende des Kanals 21, das der Funktionsfläche 10 des Werkzeugs 1 zugewandt ist). Danach erfolgt die Bearbeitung, also hier das Gewindefurchen, und die Untersuchung dieses Vorganges mittels der Thermographiekamera. Aus der aufgenommenen relativen Temperaturverteilung kann mittels einer Auswertereinheit (einem Computer) und der Kenntnis der Emissionskoeffizienten die absolute Temperaturverteilung der Funktionsfläche 10 und ihrer Umgebung berechnet werden.

Die Fixierung des Prüfkörpers 2 über die Justierbohrung 22 ermöglicht Mehrfachmessungen (zur statistischen Absicherung oder auch zur Variation von Prozeßparametern) durch einfaches Drehen des Prüfkörpers um die Fixierung, ohne jeweils erneut eine aufwendige Positionsbestimmung der zu furchenden Bohrung 24 vornehmen zu müssen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung, der erfindungsgemäße Prüfkörper und das erfindungsgemäße Verfahren erweisen sich in den Ausführungsformen des vorstehend beschriebenen Beispiels als besonders geeignet für die schnelle und einfache thermographische Untersuchung von Funktionsflächen an Werkzeugen, insbesondere von Gewindefurchern, bei der Bohrungs- oder Innengewindefertigung.

Die Werkstücke können dabei aus einem einheitlichen Material - beispielsweise Stahl - aufgebaut sein oder auch

aus Verbundwerkstoffen, beispielsweise im Flugzeugbau aus einer Metall-Legierung (häufig auf Aluminium-Titan-Basis) und einem Kohlenstoffaserverbund.

Die Erfindung ist nicht nur auf das zuvor geschilderte Ausführungsbeispiel beschränkt, sondern vielmehr auf weitere übertragbar.

So ist zum Beispiel denkbar, die Vorrichtung, den Prüfkörper und das Verfahren zur Untersuchung von Funktionsflächen auf anderen Werkzeugen zu benutzen, die bei der Bohrungs- oder Innengewindefertigung Anwendung finden - beispielsweise Bohr-, Fräs-, Polier-, Reib-, Rollier- oder Schneid-Werkzeuge.

Gerade bei der Entwicklung neuer Methoden und Mittel der Bearbeitung (auch ohne den Einsatz eines Schmierstoffes, dessen Einsatz mit hohen Kosten und Folgekosten verbunden ist,) stellt die Temperatur eine kritische Größe dar. Durch den Einsatz dieser neuen Meßtechnik kann die Temperaturentwicklung nicht nur absolut, sondern auch räumlich und zeitlich aufgelöst unmittelbar erfaßt (und dargestellt) werden und steht für Optimierungsschleifen des Bearbeitungsprozesses zur Verfügung.

#### Literatur

[1] EP 685 297 A1

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur thermographischen Untersuchung von Funktionsflächen (10) an Werkzeugen (1) bei der Bohrungs- oder Innengewindefertigung in Werkstücken (2), wobei die Vorrichtung eine Temperaturmeßeinrichtung (3) enthält, dadurch gekennzeichnet,

- daß das Werkstück (2) in dem Bereich, der während des Bearbeitungsprozesses an die Funktionsfläche (10) des Werkzeuges (1) angrenzt, mindestens einen Kanal (21) aufweist,
- wobei jeder Kanal (21) derart gestaltet ist,
- daß eine von der zu untersuchenden Funktionsfläche (10) und/oder von deren Umgebung ausgehende Wärmestrahlung zumindest mittelbar von der Temperaturmeßeinrichtung (3) erfaßbar ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

- daß auf das Werkzeug (1) eine Beschichtung aufgebracht ist.

3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- daß in jedem Kanal (21) angeordnet ist, mindestens ein IR-Spiegel und/oder ein IR-Lichtleiter zur Weiterführung der werkzeugseitig in den Kanal (21) eintretenden Wärmestrahlung in Richtung auf die Temperaturmeßeinrichtung (3).

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- daß die Temperaturmeßeinrichtung (3) eine Thermokamera enthält, vorzugsweise eine Hochgeschwindigkeits-Thermokamera mit einer Bildfolgefrequenz von mindestens 15 Bildern pro Sekunde.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Thermokamera derart ausgerichtet ist, daß ihr Bildfeld sowohl Bereiche der Funktionsfläche (10) des Werkzeuges (1) als auch des angrenzenden Werkstückes (2) umfaßt.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet,

- daß zwischen der Funktionsfläche (10) und der Temperaturmeßeinrichtung (3) sich eine IR-Vergrößerungslinse (31) befindet.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,

- daß sich der mindestens eine Kanal (21) erweitert von seiner der Funktionsfläche (10) zugewandten Öffnung ausgehend hin zu seiner der Temperaturmeßeinrichtung (3) zugewandten Öffnung und
- daß sich die IR-Vergrößerungslinse (31) befindet zwischen der der Temperaturmeßeinrichtung (3) zugewandten Öffnung des Kanals (21) und der Temperaturmeßeinrichtung (3).

8. Verfahren zur thermographischen Untersuchung von Funktionsflächen (10) an Werkzeugen (1) bei der Bohrungs- oder Innengewindefertigung in Werkstücken (2),

- wobei die Untersuchung mittels einer Temperaturmeßeinrichtung (3) während eines Bearbeitungsprozesses erfolgt,

dadurch gekennzeichnet,

- daß vor der Untersuchung in das Werkstück (2) in den Bereich, der während des Bearbeitungsprozesses an die Funktionsfläche (10) des Werkzeuges (1) angrenzt, mindestens ein Kanal (21) eingebracht wird, der zumindest mittelbar zu der Temperaturmeßeinheit (3) führt, und
- daß während der Untersuchung das Abbild der bei dem Bearbeitungsprozeß in der Funktionsfläche (10) und/oder deren Umgebung sich einstellenden Wärmeverteilung durch den Kanal (21) zu der Temperaturmeßeinheit (3) geführt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,

- daß vor der Untersuchung die Emissionskoeffizienten der Oberflächen des Werkzeuges (1) und des Werkstückes (2) bestimmt werden,
- daß die real vorliegende Temperaturverteilung berechnet wird anhand der vorher bestimmten Emissionskoeffizienten und der mittels der Temperaturmeßeinheit (3) gemessenen Temperaturverteilung.

10. Prüfkörper zur thermographischen Untersuchung von Funktionsflächen (10) an Werkzeugen (1) bei der Bohrungs- oder Innengewindefertigung, dadurch gekennzeichnet,

- daß der Prüfkörper (2) in dem Bereich, der während des Bearbeitungsprozesses an die Funktionsfläche (10) des Werkzeuges (1) angrenzt, mindestens einen Kanal (21) aufweist,
- wobei jeder Kanal (21) derart gestaltet ist,
- daß eine von der zu untersuchenden Funktionsfläche (10) und/oder von deren Umgebung ausgehende Wärmestrahlung zumindest mittelbar von der Temperaturmeßeinrichtung (3) erfaßbar ist.

11. Prüfkörper nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,

- daß der Prüfkörper die Form einer kreisförmigen Scheibe besitzt,
- deren Rand eine umlaufende Nut aufweist,
- deren Mitte eine Justierbohrung (22) aufweist,
- daß auf dem Prüfkörper Bearbeitungspositionen (23) definiert sind,
- die auf der kreisförmigen Scheibe radialsymmetrisch verteilt sind,
- deren Projektionen senkrecht zur Flachseite der

Scheibe die umlaufende Nut schneiden.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

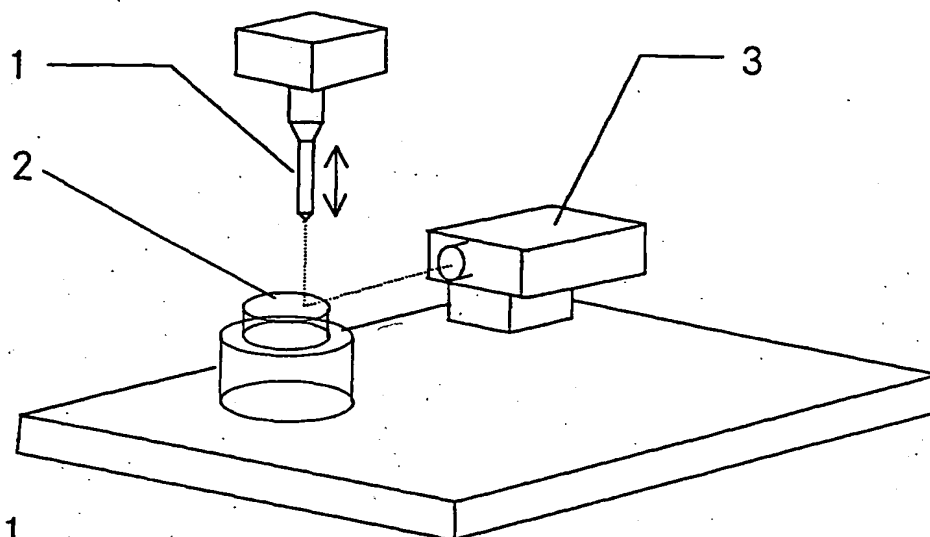


FIG. 1

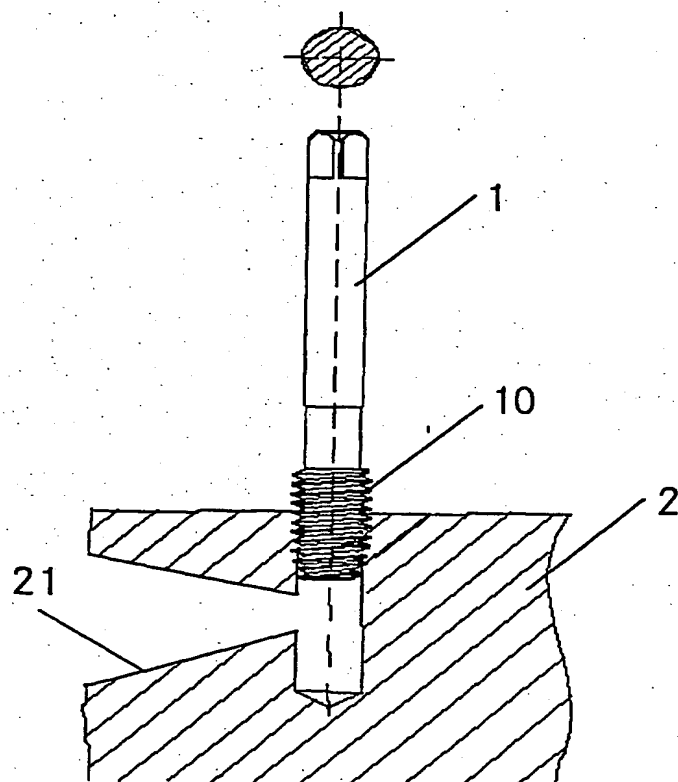


FIG. 2



